



Original/Otros

Propuesta de una nueva fórmula de estimación del gasto energético en reposo para población sana española

Sandra de la Cruz Marcos¹, Beatriz de Mateo Silleras¹, M.^a Alicia Camina Martín¹, Laura Carreño Enciso¹, Alberto Miján de la Torre^{1,2}, José E. Galgani^{3,4} y M.^a Paz Redondo del Río¹

¹Área de Nutrición y Bromatología. Departamento de Pediatría. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid, España. ²Servicio de Medicina Interna (Nutrición). Hospital Universitario de Burgos, España. ³Departamento de Nutrición, Diabetes y Metabolismo. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile (Santiago), Chile. ⁴UDA-Ciencias de la Salud, Carrera de Nutrición y Dietética. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile (Santiago), Chile.

Resumen

Introducción: aunque se dispone de técnicas precisas y exactas para la estimación del GER, como la calorimetría indirecta (CI), en la práctica diaria se precisan métodos rápidos, fáciles de aplicar y económicos, como los modelos predictivos.

Objetivo: desarrollar una nueva ecuación predictiva del gasto energético en reposo (GER) para población española adulta sana.

Métodos: se determinó el GER en 95 sujetos sanos con normopeso mediante CI. Se utilizó la regresión lineal múltiple para la obtención del modelo, empleando como criterios analíticos la Cp de Mallows y el R² ajustado. Se estudió el comportamiento del modelo generado en una muestra de 39 sujetos con IMC ≥ 25 kg/m² mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y la prueba de Bland-Altman. La significación se alcanzó con $p < 0,05$.

Resultados: la edad media fue de 42 años (rango: 23,0–63,2). El valor medio del GER estimado fue de 1.589,1 kcal/d (312,0). La ecuación seleccionada fue: [GER (kcal/d) = 1.376,4 – 308 Sexo (V = 0; M = 1) + 11,1 Peso (kg) – 8 Edad (años)] (R²: 0,68; EE: 175,95). El CCI entre el nuevo modelo predictivo y la CI fue de 0,901 (IC del 95%: 0,851 – 0,934) en la muestra con normopeso. La aplicación del modelo en la muestra de sujetos con IMC ≥ 25 kg/m² alcanzó una buena concordancia (CCI de 0,880; IC del 95%: 0,772 – 0,937).

Conclusiones: se presenta un nuevo modelo de estimación del GER para población sana española fácilmente aplicable en la práctica diaria, que incluye las variables sexo, edad y peso. La ecuación propuesta presenta un comportamiento adecuado en sujetos con IMC ≥ 25 kg/m².

(Nutr Hosp. 2015;32:2346-2352)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9680

Palabras clave: Gasto energético. Gasto energético en reposo. Calorimetría indirecta. Ecuación predictiva del gasto energético en reposo.

Correspondencia: Sandra de la Cruz Marcos.
Facultad de Medicina, Área de Nutrición y Bromatología.
Universidad de Valladolid. C/ Ramón y Cajal, 7. 47005 Valladolid
E-mail: sandradelacruzmarcos@yahoo.es

Recibido: 24-VII-2015.
Aceptado: 17-VIII-2015.

PROPOSAL FOR A NEW FORMULA FOR ESTIMATING RESTING ENERGY EXPENDITURE FOR HEALTHY SPANISH POPULATION

Abstract

Introduction: although there are precise and accurate techniques for estimating resting energy expenditure, like the indirect calorimetry (IC), daily practice needs faster, easier and cheaper methods as the predictive equations.

Objective: the aim of the study was to develop a new predictive equation for estimating resting energy expenditure (REE) for healthy Spanish population.

Methods: the REE of 95 healthy normal weighted volunteers was determined by indirect calorimetry (IC). The new equation was obtained by multiple linear regression by using the analytical criteria of the Cp of Mallows and the adjusted R². Then, the behavior of the new formula was studied in a group of overweight volunteers through the intraclass correlation coefficient (ICC) and Bland-Altman plots. The level of signification was reached at $p < 0,05$.

Results: the average age was 42 years (range: 2.0–63.2). Mean REE determined by IC was 1589.1 kcal/d (312.0). The selected equation was: [y = 1376.4 – 308 Sex (M = 0; W = 1) + 11.1 Weigh (kg) – 8 Age (years)] (R²: 0.68; EE: 175.95). The ICC between the new equation and the IC in normal weighted subjects was 0.901 (95% CI: 0.851 – 0.934). The new formula showed a good level of agreement in the overweight group (ICC: 0.880; 95% IC: 0.772 – 0.937).

Conclusions: we propose a new predictive equation for estimating the REE for healthy Spanish population which has an easy application and includes sex, age and weigh. The selected equation shows an adequate behavior in overweight subjects too.

(Nutr Hosp. 2015;32:2346-2352)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9680

Key words: Energy expenditure. Resting energy expenditure. Indirect calorimetry. Predictive equation of resting energy expenditure.

Abreviaturas

CI: calorimetría indirecta.
CCI: coeficiente de correlación intraclase.
CC: composición corporal.
GEB: gasto energético basal.
GER: gasto energético en reposo.
GET: gasto energético total.
IMC: índice de masa corporal.
MG: masa grasa.
MLG: masa libre de grasa.
OMS/WHO: Organización Mundial de la Salud.

Introducción

El gasto energético total (GET) se define como la cantidad de energía que requiere un sujeto, durante 24 horas, para mantener una masa corporal y un peso adecuado de forma estable. De entre los componentes del GET, el gasto energético basal (GEB) supone entre el 60 y el 70% del GET en sujetos sedentarios y aproximadamente el 50% en sujetos activos, por lo que es considerado el componente mayoritario¹.

El término de metabolismo basal fue acuñado en 1899 por Magnus-Levy, quien insistió en la importancia de utilizar unas estrictas condiciones ambientales estandarizadas en el diseño de experimentos para el estudio del metabolismo². Sin embargo, estas recomendaciones no se llevaron a la práctica hasta los trabajos de Bedale³ de los años 20. Por otra parte, en 1950 la FAO⁴ propuso utilizar el gasto energético para el cálculo de los requerimientos energéticos, en lugar de emplear la ingesta de alimentos, como se hacía hasta entonces. Esta propuesta, junto con el creciente interés por el estudio de la biología y la etiología de la obesidad, consiguieron hacer resurgir el interés por el estudio del GEB².

En la actualidad se considera que la calorimetría indirecta (CI) es la técnica de referencia para la estimación del GEB⁵. Sin embargo, con objeto de minimizar posibles errores de estimación, el método requiere unas estrictas condiciones de medida. Una de ellas, el confinamiento del sujeto la noche previa a la determinación, ha motivado que, en general, se acepte como equivalente del GEB el gasto energético en reposo (GER)⁶⁻⁸, aspecto que no se tiene en cuenta en la estimación de este último⁹. Por tanto, para determinar el GER el sujeto se mantiene despierto, tumbado en posición de decúbito supino, tras 10-12 horas de ayuno, 8 horas de inactividad y en estado de relajación mental. La temperatura de la habitación debe mantenerse a 22-26°C, de modo que el sujeto no ponga en marcha mecanismos de producción o disipación de calor². Para evitar el estrés asociado a la técnica de medida (uso de canopio, mascarilla o boquilla) es importante que el individuo esté familiarizado con el aparato.

A pesar de los grandes avances que ha sufrido la técnica calorimétrica, en la actualidad el método más

utilizado en la práctica clínica para la estimación del GER son las ecuaciones predictivas. Esto es debido fundamentalmente a que los modelos predictivos pueden ser aplicados a cualquier persona, están ampliamente disponibles y no tienen coste económico.

En 1915 DuBois desarrolló la primera fórmula de estimación del GER. Desde entonces se han publicado numerosos modelos diferentes que incluyen distintas variables predictoras, como la edad, el peso o la talla. Sin embargo, los modelos diseñados en los últimos años tienden a incorporar variables de composición corporal (masa grasa (MG), masa libre de grasa (MLG)).

Aunque la OMS recomendaba la utilización de la ecuación de Schofield, basada en variables físicas simples, para la estimación del GER en la población sana⁸, estudios posteriores, como los realizados por Henry², evidenciaron que este modelo sobreestimaba el GER, debido, probablemente, a distorsiones de la muestra empleada para el desarrollo de la ecuación. Los modelos predictivos utilizados adecuadamente ofrecen estimaciones correctas del GER, pero cuando se aplican en poblaciones diferentes a aquellas con las que fueron desarrolladas presentan una gran variabilidad¹⁰⁻¹³. Estudios previos de nuestro grupo de investigación han evidenciado que las ecuaciones más utilizadas para estimar el GER en poblaciones similares a la nuestra presentan gran variabilidad respecto a los valores obtenidos por calorimetría indirecta¹⁴.

El objetivo del presente estudio fue, por tanto, desarrollar una nueva ecuación predictiva del gasto energético en reposo (GER) para población española adulta sana.

Material y métodos

Se ha realizado un estudio descriptivo transversal en el Área de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Valladolid. El proyecto contó con la aprobación del comité ético del centro y los protocolos empleados siguieron los criterios de la Declaración de Helsinki.

Para el desarrollo de la ecuación predictiva, se seleccionaron consecutivamente 95 voluntarios sanos (45 varones y 50 mujeres) residentes en Castilla y León con edades comprendidas entre 19 y 65 años. Se incluyeron sujetos con un índice de masa corporal (IMC) inferior a 25 kg/m², que prestaran su consentimiento a participar en el estudio y aceptasen cumplir con las normas del mismo. Posteriormente, se procedió a reclutar otros 39 sujetos (22 varones y 17 mujeres), de los cuales el 76,9% (20 varones y 10 mujeres) presentaron sobrepeso y el 23,1% restante (2 varones y 7 mujeres) obesidad con el objetivo de estudiar el comportamiento de la nueva ecuación en poblaciones con un IMC mayor o igual a 25 kg/m².

Se recogió la historia clínico-nutricional de cada participante en el estudio mediante una entrevista personal. Se determinó el gasto energético en reposo

(GER) mediante calorimetría indirecta, con un calorímetro de mascarilla (Fitmate COSMED, Roma, Italia), siguiendo el protocolo del fabricante. Se realizó un estudio de la composición corporal con un analizador de impedancia monofrecuencia (AKERN BIA-101, Florencia, Italia), según el protocolo de Lukaski¹⁵. A partir de los datos generados durante el análisis de la impedancia, se calculó la MLG de los pacientes, utilizando la ecuación de Kyle¹⁶. La MG se estimó a partir de la diferencia entre el peso corporal de los sujetos y la MLG. Todas las determinaciones se realizaron a primera hora de la mañana, tras 10-12 horas de riguroso ayuno, sin haber fumado ni realizado ningún tipo de ejercicio el día anterior.

Se incluyeron las variables que tras la revisión bibliográfica evidenciaron una mayor influencia en el GER: sexo, edad, peso, talla y composición corporal (MLG y MG, tanto en kilogramos como en porcentaje)^{12,17-22}.

Las variables se describieron como media (desviación standard) o mediana (percentil 5-percentil 95), en función de la normalidad de su distribución (Kolmogorov-Smirnov). La fórmula se desarrolló a partir de los datos obtenidos por CI mediante regresión lineal múltiple, utilizando como criterios analíticos la Cp de Mallows y el R² ajustado. Finalmente se verificó el comportamiento de la ecuación seleccionada en el grupo con IMC \geq 25 kg/m², mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) y la prueba de Bland-Altman. La significación estadística se alcanzó con p<0,05. Se utilizó el programa SPSS 18.0 para el análisis estadístico.

Resultados

La edad media de los sujetos con IMC<25 kg/m² fue de 42 años (rango: 23 a 63 años). El IMC medio fue de 22,16 kg/m²^{1,9}. En la muestra con sobrepeso u

obesidad, la edad media de los individuos fue de 45,2 años (rango: 23 a 65 años) y el IMC de 26,7 kg/m² (25,2-34,1). En ambos casos, los varones presentaron significativamente mayores valores de peso, talla y MLG, y menores valores de MG que las mujeres. En la muestra de sujetos con normopeso, el IMC también fue estadísticamente superior en los varones, aunque sin ninguna relevancia clínica. Sin embargo, en el caso de los sujetos con IMC \geq 25 kg/m² fueron las mujeres quienes presentaron un IMC significativamente superior (29,4 (3,4) y 26,5 (25,3-32,3) kg/m² respectivamente). (Tabla I)

El GER medio estimado por CI de los sujetos con normopeso fue de 1589,1 kcal/d (312,0). Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el gasto de varones y mujeres [1822,3 kcal/d (224,3) y 1379,3 kcal/d (216,1), respectivamente]. En el caso de la muestra con sobrepeso u obesidad el GER fue de 1750,6 kcal/d (390,7) y también se encontraron diferencias estadísticamente significativas en función del sexo [1958,3 kcal/d (324,3) los varones y 1481,8 kcal/d (297,2) las mujeres].

El análisis de regresión lineal múltiple para la obtención de la ecuación generó 255 modelos diferentes. El modelo seleccionado incluyó las variables: sexo, peso y edad, con una Cp de Mallow de 2,27 y un R² ajustado de 0,680 (Tabla II). La ecuación seleccionada fue:

$$[y = 1376,4 - 308 S + 11,1 P - 8 E (R^2: 0,68; p < 0,001)]$$

Dónde: S: sexo (0 = varones y 1 = mujeres); P: peso (kg) y E: edad (años)

El modelo cumplió el criterio de normalidad de los residuales, no se observó ninguna vulneración de la linealidad ni de la homogeneidad de variancias ni se encontró ningún sujeto alejado influyente. Además no se observó colinealidad entre las variables del modelo. Se rechaza, por tanto, la posibilidad de que las estima-

Tabla I
Características de la muestra

	Sujetos con IMC < 25 kg/m ²			Sujetos con IMC \geq 25 kg/m ²		
	Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	Total (n=95)	Varones (n=22)	Mujeres (n=17)	Total (n=39)
Edad (años)	41,6 (13,0)	42,3 (13,7)	41,9 (13,3)	42,6 (13,5)	48,7 (11,8)	45,2 (13,0)
Peso (kg)	70,4 (7,3)*	58,7 (5,8)	64,3 (8,7)	84,2 (10,7)	77,5 (12,5)	81,3 (11,9)
Talla (cm)	175,1 (6,8)*	163,0 (6,1)	168,7 (8,9)	176,4 (7,7)*	162,2 (5,8)	170,2 (9,9)
IMC(kg/m ²)	22,9 (1,7)*	22,1 (1,4)	22,2 (1,9)	26,5 (25,3-32,3)* [†]	29,4 (3,4)	26,7 (25,2-34,1) [†]
MLG (%)	79,7 (70,7-93,2)* [†]	69,2 (4,9)	74,6 (7,8)	73,2 (5,0)*	60,3 (4,3)	67,6 (8,0)
MG (%)	20,3 (6,8-29,3)* [†]	30,8 (4,9)	25,4 (7,8)	26,8 (5,0)*	39,7 (18,1)	32,4 (8,0)
GER (Kcal/d)	1822,3 (224,3)*	1379,3 (216,1)	1589,1 (312,0)	1958,3 (324,3)*	1481,8 (297,2)	1750,6 (390,7)

IMC: índice de masa corporal; MLG: masa libre de grasa; MG: masa grasa.

[†]Mediana (p5-p95). *p<0,05 varones vs mujeres.

ciones de los coeficientes de regresión sean inestables. En suma, los resultados de las técnicas de exploración de los problemas que pueden afectar al análisis de la regresión y determinar si los supuestos del modelo se consideraran positivos, indican que el modelo de regresión múltiple estimado cumple adecuadamente las condiciones de aplicación.

Al aplicar el modelo seleccionado la media del GER en la muestra con normopeso fue de 1590,4 kcal (273,7) y un CCI de 0,901 (IC del 95%: 0,851 – 0,934). El GER medio estimado en la muestra de sujetos con $IMC \geq 25$ kg/m² fue de 1750,6 kcal/d (390,7) y un CCI de 0,880 (IC del 95%: 0,772 – 0,937) (Tabla III).

El comportamiento de la fórmula en la muestra total (sujetos con $IMC \geq 18,9$ kg/m²) fue adecuado (Fig. 1). Los gráficos Bland-Altman no presentaron ninguna tendencia en la nube de puntos y a nivel analítico, tanto las diferencias medias como las pendientes del análisis de regresión registradas fueron pequeñas.

Discusión

Las técnicas calorimétricas, aunque se han convertido en algo habitual en la práctica clínica, requieren una importante inversión inicial y no están exentas de

Tabla II
Análisis de regresión de la fórmula desarrollada

Coeficientes ^a						
Modelo	B(ES)	Beta	t	Sig.	IC del 95,0%	para B
(Constante)	1376,4 (212,5)		6,48	<0,001	954,3	1798,5
Sexo	-308,0 (48,7)	-0,49	-6,32	<0,001	-404,8	-211,2
Peso (kg)	11,1 (2,8)	0,31	3,94	<0,001	5,5	16,6
Edad (años cumplidos)	-8,0 (1,4)	-0,34	-5,83	<0,001	-10,7	-5,3

a. Variable dependiente: Calorimetría (kcal/d).

Tabla III
Comportamiento de la ecuación en la muestra con $IMC > 25$ kg/m²

n	Dif. Media (SD)	Bland - Altman					Estudio de concordancia		
		Estadísticos					CCI	IC (95%)	P
		R ^{2*}	b (SEE)	P	a (SEE)	P			
39	-32,0 (223,9)	0,23	0,35 (0,10)	0,001	-646,37 (177,40)	0,001	0,88	(0,77 - 0,94)	<0,001

*R² corregida.

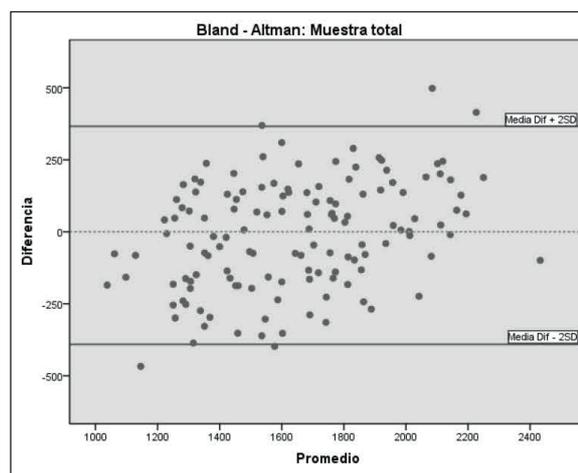
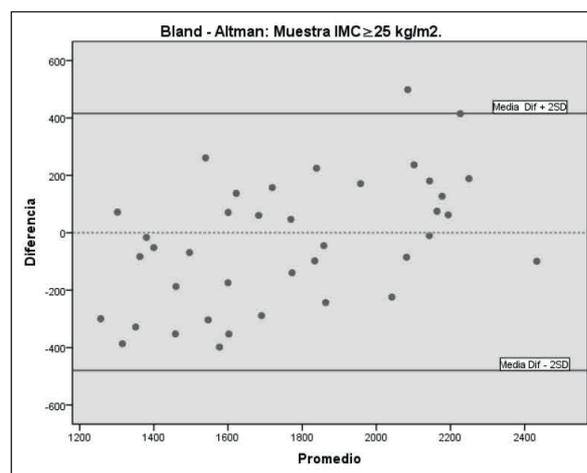


Fig. 1.—Análisis de Bland-Altman de la ecuación seleccionada en la muestra con $IMC \geq 25$ kg/m² y en la muestra total.

ciertas limitaciones en algunos pacientes⁵. Los modelos predictivos de estimación del GER son fácilmente aplicables en cualquier situación y en cualquier sujeto. Por tanto, son técnicas mucho más prácticas, simples, rápidas, accesibles y económicas. Estos métodos, a pesar de ser considerados menos exactos debido a que en ocasiones sobreestiman o infraestiman el GER incluso entre sujetos de una misma población, se consideran buenos métodos de predicción si se utilizan adecuadamente¹. El presente estudio pretende desarrollar una nueva ecuación predictiva del GER para la población española adulta sana, tras constatar que las ecuaciones más utilizadas en la población sana española no presentan un buen comportamiento frente a la calorimetría indirecta¹⁴.

La muestra de sujetos seleccionada para el desarrollo de la ecuación estuvo formada por individuos adultos sanos de etnia caucásica, con igual número de varones y mujeres. Aunque la mayoría de los trabajos en los que se han desarrollado ecuaciones predictivas para la estimación del GER en población general incluyen sujetos con normopeso, sobrepeso, obesidad e incluso bajo peso para la talla²³⁻²⁶, en el presente estudio se incluyeron sólo sujetos con normopeso, de acuerdo al IMC, dado que el objetivo del trabajo era obtener una fórmula aplicable en población sana.

Siguiendo las evidencias científicas, se optó por la CI como técnica de referencia para el desarrollo de la fórmula⁵. El modelo de calorímetro empleado, así como su protocolo de medición, han demostrado una adecuada validez para la estimación del GER²⁷⁻³¹. Sin embargo, hay que tener en cuenta que se utilizó un calorímetro de mascarilla, y que algunos estudios han documentado que con este sistema los sujetos pueden hiperventilar durante los primeros minutos de registro^{2,32,33}, aunque otros autores no han observado diferencias entre el uso de canopio o mascarilla^{32,34,35}.

Para la selección de las variables a incluir en el análisis de regresión lineal múltiple para la obtención de la nueva ecuación, se tuvieron en cuenta los trabajos de Ravussin¹⁷ y Johnstone¹⁸. Ravussin¹⁷ estableció que la variabilidad intraindividual del GER supone entre el 0.2 y el 0.9%, y que entre el 73 y el 82% de la variancia del GET se explica por diferencias en el peso y la talla; también documentó que el GER se relaciona con el masa libre de grasa (MLG), pero no con el porcentaje graso. Por otra parte, los estudios de Johnstone¹⁸ observaron una mayor variabilidad intraindividual del GER (hasta el 2%), y que la mayor parte del GER se explica por la MLG, la masa grasa (MG) y la edad. En base a estos modelos, se decidió incluir en la ecuación de predicción como posibles variables independientes el peso, la talla, la MLG, la MG y la edad.

El sexo es otra variable determinante del GER. Algunos modelos de estimación la incorporan directamente, mientras que otros consideran que al incluir en la ecuación variables de composición corporal, las diferencias en función del sexo desaparecen^{17,18,36}, puesto que las mujeres, en general, presentan menor MLG

que los varones¹⁹. No obstante, se ha observado que, tras un ajuste apropiado, el GER en las mujeres muestra diferencias estadísticamente significativas con el GER de los varones³⁷. Por ello se decidió incluir independientemente la variable sexo, ya que, en caso de no ser determinante, sería descartada durante el análisis de regresión.

La ecuación seleccionada finalmente incluyó los determinantes con mayor peso en la variabilidad del GER en la muestra evaluada: sexo, peso y edad. Nuestro trabajo, por tanto, se mantiene en la tendencia habitual entre los autores más clásicos de incluir únicamente variables simples^{23,38-42}. Estudios previos de nuestro grupo de investigación determinaron que las ecuaciones que contienen el peso y/o la talla se comportan mejor en la estimación del GER que las que tienen en cuenta variables de composición corporal¹⁴. Resultados ya obtenidos en otros trabajos, como el de Korth⁴³, evidencian que los modelos que no incluyen variables de composición corporal presentan menor variabilidad y, por tanto, mejores resultados. La posible causa de las discrepancias observadas en ambos tipos de modelos es el uso de distintas técnicas en la determinación de la composición corporal. Sin embargo, en la actualidad, los nuevos modelos tienden a incluir estas variables, ya que la MLG es considerada uno de los mejores predictores del GER^{17,18,22,44-46}.

Como ya se ha comentado, la mayoría de los estudios dirigidos a desarrollar nuevas ecuaciones predictivas del GER han incluido sujetos con distintas catalogaciones nutricionales. Pero también se han llevado a cabo otros trabajos con objeto de obtener modelos específicos para personas con sobrepeso y obesidad, puesto que las ecuaciones para población general no presentaban un adecuado comportamiento en estos sujetos^{13,36}. Esta tendencia a crear modelos predictivos demasiado específicos complica enormemente su uso en la práctica diaria. Contar con una ecuación que *a priori* presenta un comportamiento adecuado tanto en población con normopeso como en sujetos con sobrepeso u obesidad, facilitaría la generalización en el uso de los modelos predictivos.

El modelo obtenido se probó en una segunda muestra de estudio formada por 39 sujetos de ambos sexos con sobrepeso u obesidad, y se observó un buen comportamiento (CCI de 0,880; IC del 95%: 0,772 – 0,937).

La principal limitación del presente trabajo es la falta de randomización de la muestra. Sin embargo, se propone un modelo de estimación del GER válido para población adulta sana con $IMC \geq 18,5 \text{ kg/m}^2$, útil en la práctica diaria.

Agradecimientos

El equipo investigador agradece su colaboración a todos los voluntarios que han participado en el estudio.

Referencias

1. Pinheiro Volp AC, Esteves de Oliveira FC, Duarte Moreira Alves R, Esteves EA, Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutricion hospitalaria* 2011; 26(3): 430-40.
2. Henry CJK. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition* 2005; 8(7A): 1133-52.
3. Bedale EM. Energy Expenditure and Food Requirements of Children at School. Proceedings of the Royal Society of London B: *Biological Sciences* 1923; 94(662): 368-404.
4. FAO. Calorie requirements: Report of the Committee on Calorie Requirements. Rome: FAO Nutritional Studies; 1950.
5. Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract* 2007; 22(4): 377-88.
6. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1991; 54(6): 963-9.
7. Figueroa-Colon R, Franklin FA, Goran MI, Lee JY, Weinsier RL. Reproducibility of measurement of resting energy expenditure in prepubertal girls. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(4): 533-6.
8. Human energy requirements: report of a joint FAO/ WHO/ UNU Expert Consultation. *Food and nutrition bulletin* 2005; 26(1): 166-.
9. Ahima RS. Principles of Human Energy Metabolism. In: Galgani J, Ravoussin E, editors. Principles of Human Energy Metabolism. New York (USA): Springer; 2011.
10. Esteves de Oliveira FC, de Mello Cruz AC, Goncalves Oliveira C, Rodrigues Ferreira Cruz AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. Energy expenditure of healthy Brazilian adults: a comparison of methods. *Nutricion hospitalaria* 2008; 23(6): 554-61.
11. Weekes CE. Controversies in the determination of energy requirements. *Proceedings of the Nutrition Society* 2007; 66(3): 367-77.
12. Foster GD, Wadden TA, Vogt RA. Resting energy expenditure in obese African American and Caucasian women. *Obes Res* 1997; 5(1): 1-8.
13. Parra-Carriedo A, Cherem-Cherem L, Galindo-De Noriega D, Díaz-Gutiérrez MC, Pérez-Lizaur AB, Hernández-Guerrero C. Comparación del gasto energético en reposo determinado mediante calorimetría indirecta y estimado mediante fórmulas predictivas en mujeres con grados de obesidad I a III. *Nutrición Hospitalaria* 2013; 28: 357-64.
14. de la Cruz Marcos S, de Mateo Silleras B, Camina Martín MA, Carreño Enciso L, Miján de la Torre A, Galgani JE, Redondo del Río P. Concordancia entre calorimetría indirecta y modelos predictivos en una población sana española. *Nutr Hosp* 2015; 32(2): En prensa.
15. Lukaski HC, Bolonchuk WW. Estimation of body-fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviation Space and Environmental Medicine* 1988; 59(12): 1163-9.
16. Kyle UG, Genton L, Karsgaard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. *Nutrition* 2001; 17(3): 248-53.
17. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy-expenditure in man - methods and results using a respiratory chamber. *Journal of Clinical Investigation* 1986; 78(6): 1568-78.
18. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *American Journal of Clinical Nutrition* 2005; 82(5): 941-8.
19. Heymsfield SB, Thomas D, Bosy-Westphal A, Shen W, Peterson CM, Muller MJ. Evolving concepts on adjusting human resting energy expenditure measurements for body size. *Obes Rev* 2012; 13(11): 1001-14.
20. Speakman JR, Westterp KR. Associations between energy demands, physical activity, and body composition in adult humans between 18 and 96 y of age. *Am J Clin Nutr* 2010; 92(4): 826-34.
21. Mataix J. Nutrición y alimentación Humana. 2ª ed. Madrid: Ed. Ergon; 2009.
22. Wang Z, Heshka S, Gallagher D, Boozer CN, Kotler DP, Heymsfield SB. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000; 279(3): E539-45.
23. Bernstein RS, Thornton JC, Yang MU, Wang J, Redmond AM, Pierson RN, et al. Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *Am J Clin Nutr* 1983; 37(4): 595-602.
24. DeLorenzo A, Andreoli A, Matthie J, Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review (vol 82, pg 1542, 1997). *Journal of Applied Physiology* 1997; 83(6): CP4-CP.
25. Heshka S, Yang MU, Wang J, Burt P, Pi-Sunyer FX. Weight loss and change in resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr* 1990; 52(6): 981-6.
26. Johnstone AM, Rance KA, Murison SD, Duncan JS, Speakman JR. Additional anthropometric measures may improve the predictability of basal metabolic rate in adult subjects. *Eur J Clin Nutr* 2006; 60(12): 1437-44.
27. Lupinsky L, Singer P, Theilla M, Grinev M, Hirsh R, Lev S, et al. Comparison between two metabolic monitors in the measurement of resting energy expenditure and oxygen consumption in diabetic and non-diabetic ambulatory and hospitalized patients. *Nutrition* 2015; 31(1): 176-9.
28. Vandarakis D, Salacinski AJ, Broeder CE. A comparison of COSMED metabolic systems for the determination of resting metabolic rate. *Res Sports Med* 2013; 21(2): 187-94.
29. Langius JA, Steensma A, Kaloter CX, Groen PM, Vlieland FM, Visser WA, et al. PP177-SUN: Portable Indirect Calorimetry for Estimating Resting Metabolic Rate both Reliable and Feasible in Community Dietetics. *Clinical Nutrition* 33: S86.
30. El Ghoch M, Alberti M, Capelli C, Calugi S, Battistini NC, Pellegrini M, et al. Resting energy expenditure assessment in anorexia nervosa: comparison of indirect calorimetry, a multi-sensor monitor and the Muller equation. *Int J Food Sci Nutr* 2012; 63(7): 796-801.
31. Franchini E, de Moraes Bertuzzi RC, Takito MY, Kiss MA. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *Eur J Appl Physiol* 2009; 107(4): 377-83.
32. Isbell TR, Klesges RC, Meyers AW, Klesges LM. Measurement reliability and reactivity using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouthpiece, and ventilated canopy. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1991; 15(2): 165-8.
33. Hagedorn T, Savina C, Coletti C, Paolini M, Scavone L, Neri B, et al. Calorimetry in obese women: comparison of two different operating indirect calorimeters together with the predictive equation of Harris and Benedict. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 2011; 4(2): 117-25.
34. McAnena OJ, Harvey LP, Katzeff HL, Daly JM. Indirect calorimetry: comparison of hood and mask systems for measuring resting energy expenditure in healthy volunteers. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1986; 10(6): 555-7.
35. Segal KR. Comparison of indirect calorimetric measurements of resting energy expenditure with a ventilated hood, face mask, and mouthpiece. *Am J Clin Nutr* 1987; 45(6): 1420-3.
36. de Luis DA, Aller R, Izaola O, Romero E. Prediction Equation of Resting Energy Expenditure in an Adult Spanish Population of Obese Adult Population. *Annals of Nutrition and Metabolism* 2006; 50(3): 193-6.
37. Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC, Christin L, Freymond D, Abbott WG, et al. Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body-weight gain. *N Engl J Med* 1988; 318(8): 467-72.
38. Benedict FG. The Factors Affecting Normal Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA* 1915; 1(2): 105-9.
39. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39 Suppl 1: 5-41.
40. Owen OE, Kaval E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr* 1986; 44(1): 1-19.

41. Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, *et al.* A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am J Clin Nutr* 1987; 46(6): 875-85.
42. Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr* 1980; 33(11): 2372-4.
43. Korth O, Bosy-Westphal A, Zschoche P, Glüer CC, Heller M, Müller MJ. Influence of methods used in body composition analysis on the prediction of resting energy expenditure. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61(5): 582-9.
44. Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *Am J Clin Nutr* 1992; 56(5): 848-56.
45. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr* 1990; 51(2): 241-7.
46. de Jonge L, Bray GA, Smith SR, Ryan DH, de Souza RJ, Loria CM, *et al.* Effect of diet composition and weight loss on resting energy expenditure in the POUNDS LOST study. *Obesity* (Silver Spring) 2012; 20(12): 2384-9.